

# PROJETO TEMÁTICO EM CONCEÇÃO E PRODUÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR

## Suporte de Bicicletas

Grupo 1

Aluno 1 - nº121289

Aluno 2 - nº121348

Aluno 3 - nº118692

Aluno 4 - nº115216

Gonçalo Figueira - nº 109438

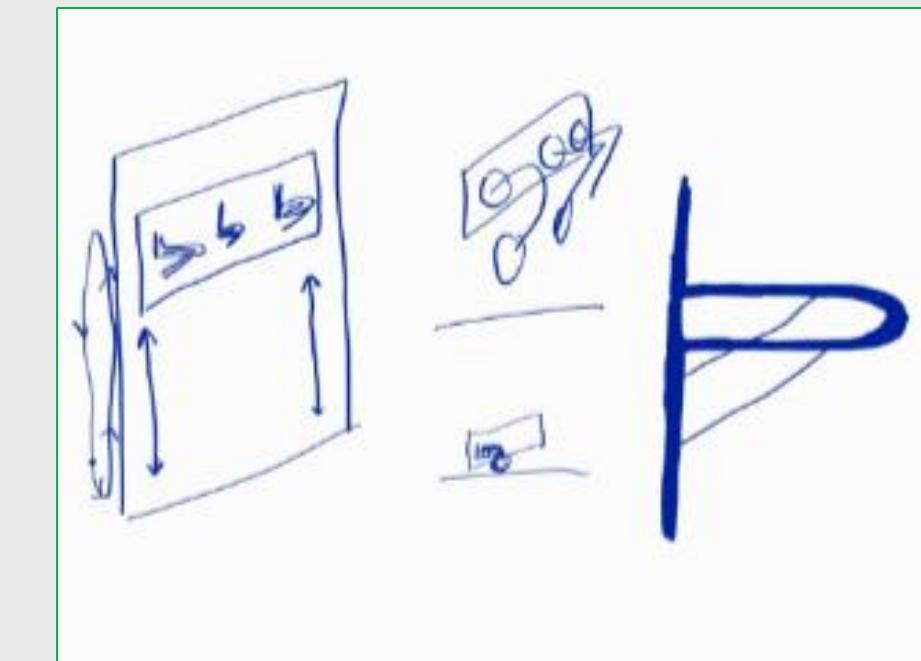
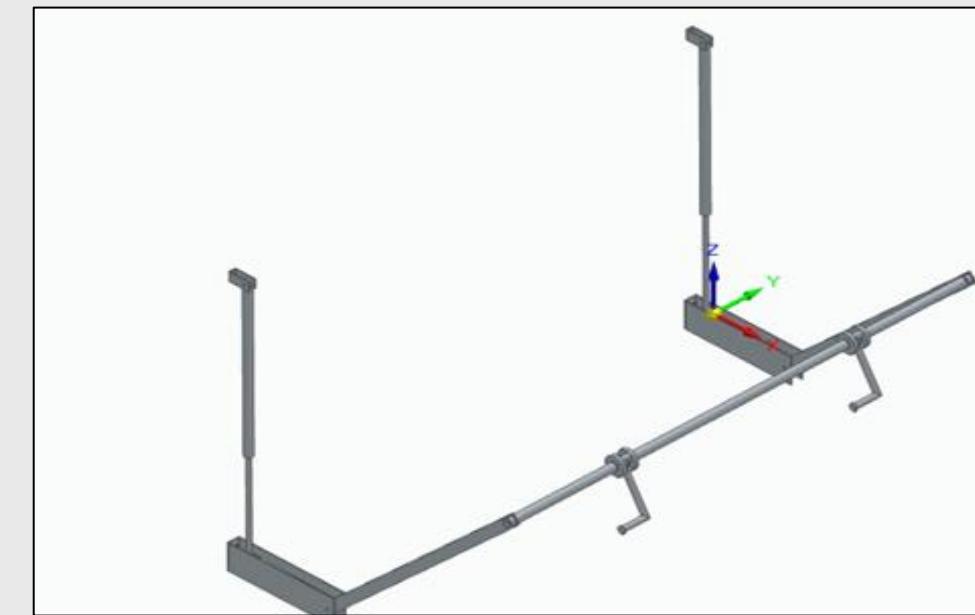
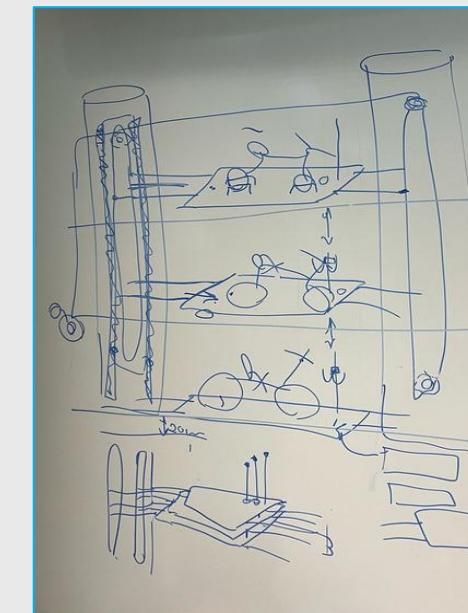
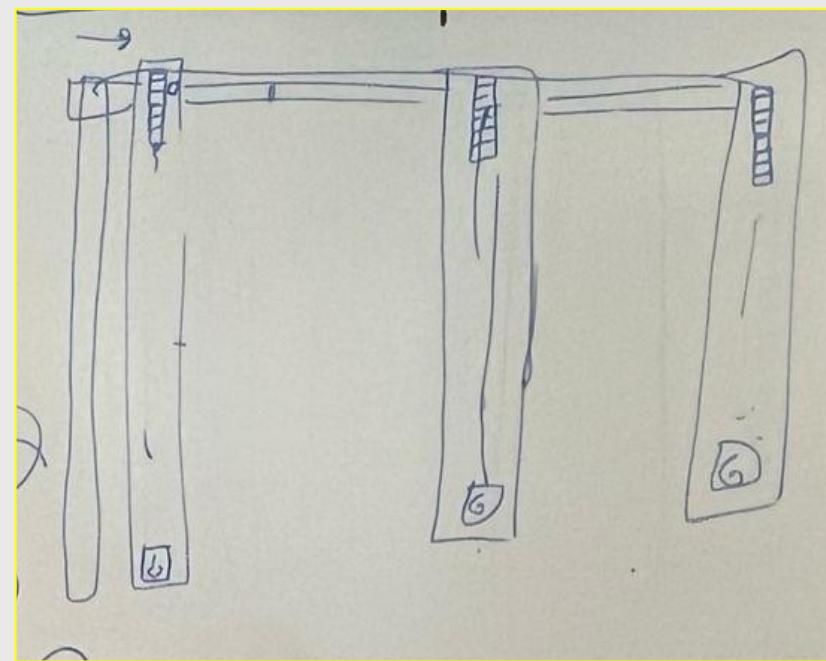
2024/2025

# Introdução

- Enunciado e objetivos gerais;
- Relação do Projeto com as disciplinas
  - Resistência dos Materiais
  - Processos de Fabrico
  - Engenharia e Fabrico Assistido por Computador

# Evolução do conceito

- Evolução da ideia;
- Apresentação breve do projeto final;



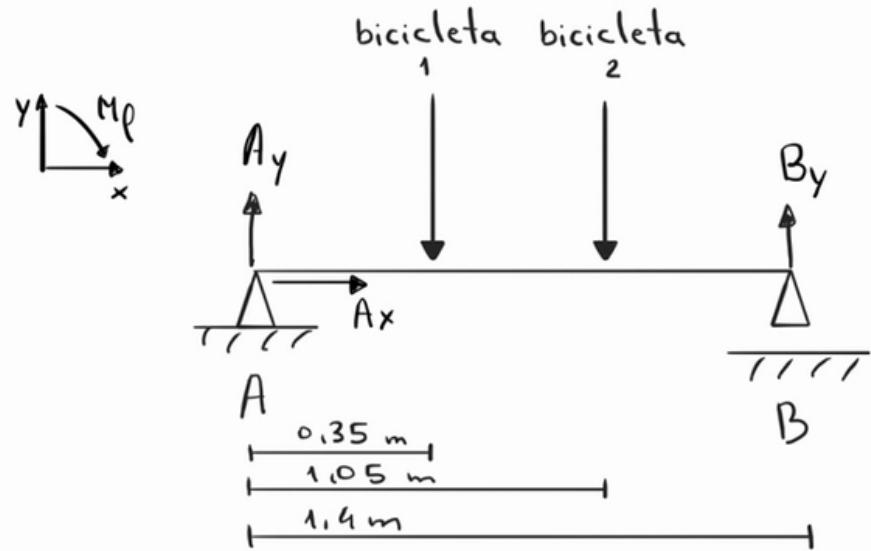
# Escolha dos materiais

1. Aluminio AW 6063
2. Aço ST37

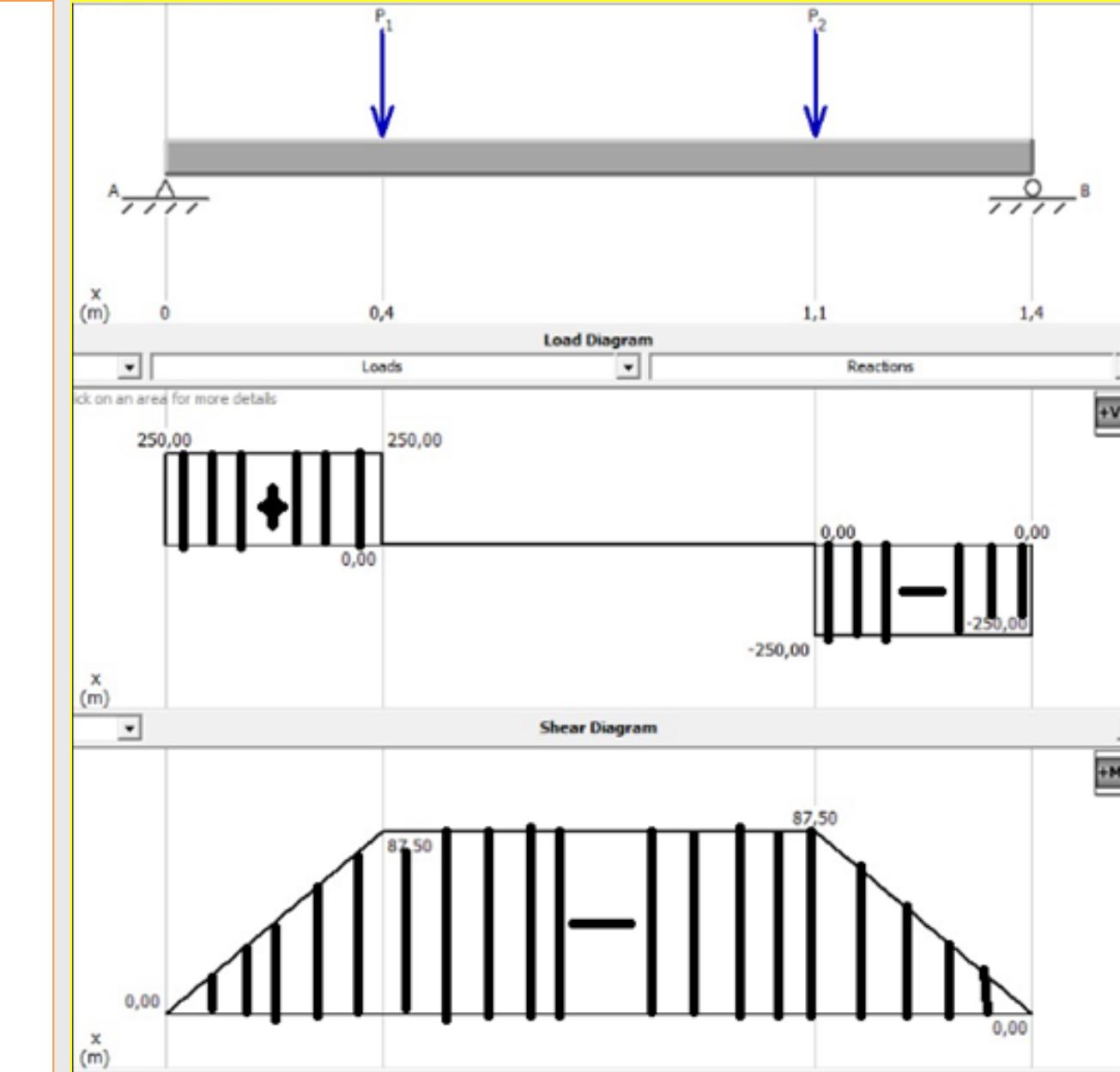
Tensão de Cedência	Fator de Segurança	Tensão Admissível
170 MPa	1,5	133,33 MPa
235 MPa		156,67 MPa

- Quais peças são feitas de qual material?
- Motivo de escolha
- Tensão de cedência e tensão admissível

# Dimensionamento do braço central



$$\begin{aligned}
 & \left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \leftrightarrow \\ \sum M_A = 0 \end{array} \right. \\
 \leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} A_x = 0 \\ A_y + B_y = 0 \\ 245 \times 0,35 + 245 \times 1,05 - B_y \times 1,4 = 0 \end{array} \right. \\
 \leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} A_x = 0 \\ A_y + B_y = 0 \\ 245 \times (0,35 + 1,05) = B_y \times 1,4 \end{array} \right. \\
 \leftrightarrow & \left\{ \begin{array}{l} A_x = 0 \\ A_y = -245N \leftrightarrow \\ B_y = 245N \end{array} \right.
 \end{aligned}$$



# Dimensionamento do braço central

- Devido à tensão de cedência do Aluminio ser inferior à do Aço, obrigava a que o diâmetro da barra fosse maior, logo era muito mais robusta.
- Esteticamente o alumínio é muito mais bonito;
- Não requer tratamento contra corrosão (como galvanização ou pintura).

$$\sigma_{Admissivel} = \frac{M_{fletor\ maximo}}{W_{yy}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow W_{yy} = \frac{M_f\ max}{\sigma_{Adm}} = \frac{85,75}{113,33 \times 10^6} = 7,56 \times 10^{-7} m^3 = 0,756 cm^3$$

Por fim, procurou-se o valor na tabela abaixo e escolheu-se o valor acima: 0,953 cm<sup>3</sup>.

$$\sigma_{Adm} = \frac{M_f}{W_{yy}} = \frac{85,75}{0,953} = 90,01 MPa < 113,33 MPa \leftrightarrow$$

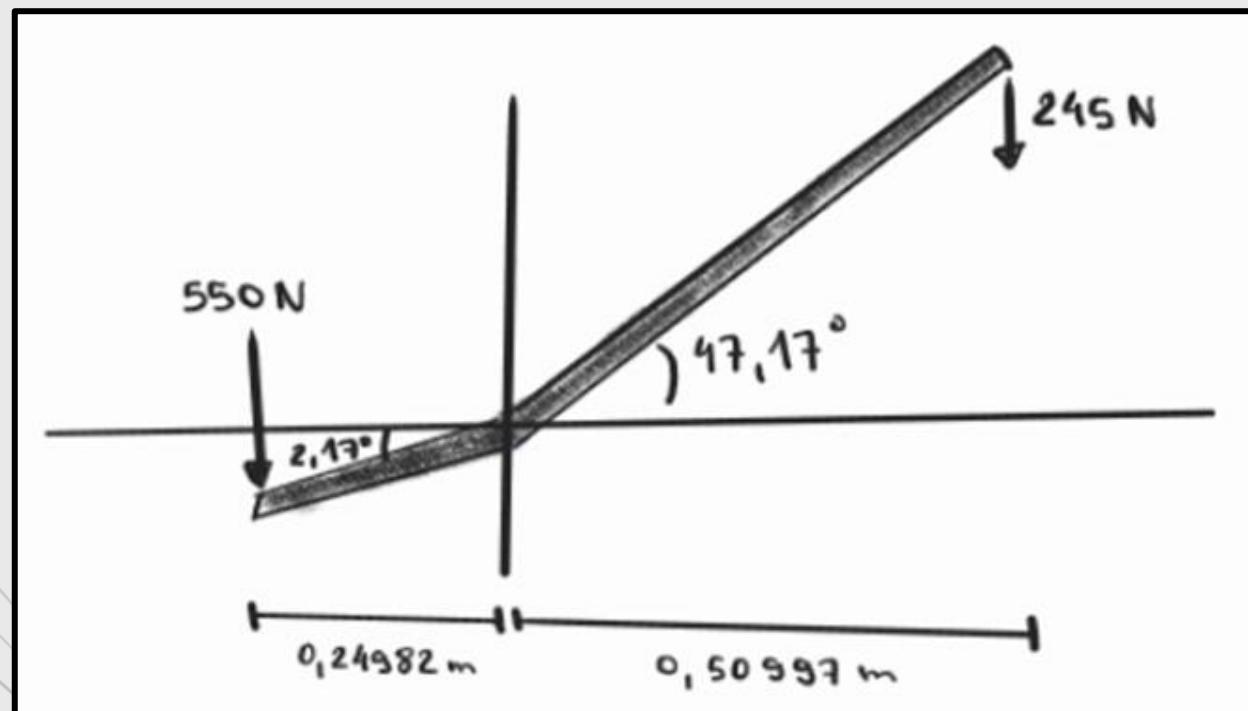
- Diâmetro Externo – 22 mm
- Espessura – 5 mm
- Diâmetro Interno – 12 mm
- Comprimento – 1,40 m
- Peso –  $(0,757 \times 1,40) = 1,06 kg$

Alumínio AW 6063

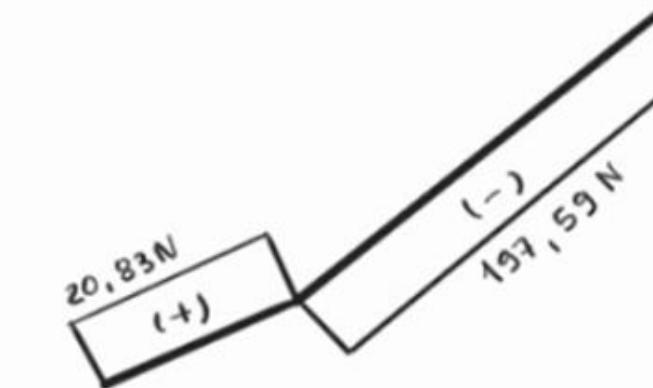
$\text{Ø}_{ext} \times \text{Ø}_{int}$ (mm)	$e$ (mm)	Peso (kg/m)	$I_{xx} = I_{yy}$ (cm <sup>4</sup> )	$W_{x} = W_{y}$ (cm <sup>3</sup> )	6060 6063*	6062
8 x 5	1,50	0,087	0,017	0,043	○	-
8 x 6	1,00	0,062	0,014	0,034	○	-
9,9 x 5,6	2,15	0,148	0,042	0,086	○	-
10 x 8	1,00	0,080	0,029	0,058	○	-
11 x 8	1,50	0,127	0,052	0,094	○	-
12 x 8	2,00	0,178	0,082	0,136	○	-
12 x 10	1,00	0,098	0,053	0,088	○	-
13,1 x 10,5	1,30	0,137	0,085	0,130	○	-
14 x 12	1,00	0,116	0,087	0,124	○	-
15 x 10	2,50	0,278	0,199	0,286	○	-
15 x 12	1,50	0,180	0,147	0,196	○	-
15 x 13	1,00	0,125	0,108	0,144	○	-
15,21 x 9,78	2,72	0,302	0,218	0,286	○	-
16 x 12	2,00	0,249	0,220	0,275	○	○
16 x 13	1,50	0,194	0,182	0,227	○	-
17 x 13	2,00	0,267	0,270	0,317	○	-
17,12 x 10,97	3,08	0,385	0,351	0,410	○	-
18 x 15	1,50	0,220	0,267	0,296	○	-
18 x 16	1,00	0,151	0,194	0,215	○	-
19 x 15	2,00	0,303	0,391	0,412	○	-
20 x 12	4,00	0,570	0,684	0,684	○	-
20 x 14	3,00	0,454	0,597	0,597	○	-
20 x 16	2,00	0,321	0,464	0,464	○	-
20 x 17	1,50	0,247	0,375	0,375	○	-
21 x 15	3,00	0,481	0,706	0,673	○	-
<u>22 x 12</u>	<u>5,00</u>	<u>0,757</u>	<u>1,048</u>	<u>0,953</u>	○	-

# Dimensionamento do braço lateral

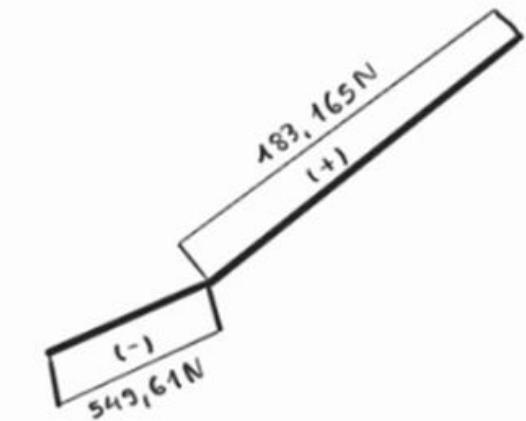
- Posição do pior momento fletor



DEN :



DEC :



DMF :

0 - 0,24982mm:

$$M_{f(x)} = -549,6055 \times x$$

$$M_{f(0)} = -549,6055 \times 0$$

$$M_{f(0,25)} = -549,6055 \times 0,250 = 137,4013 Nm$$

0,24982mm - 0,75979mm:

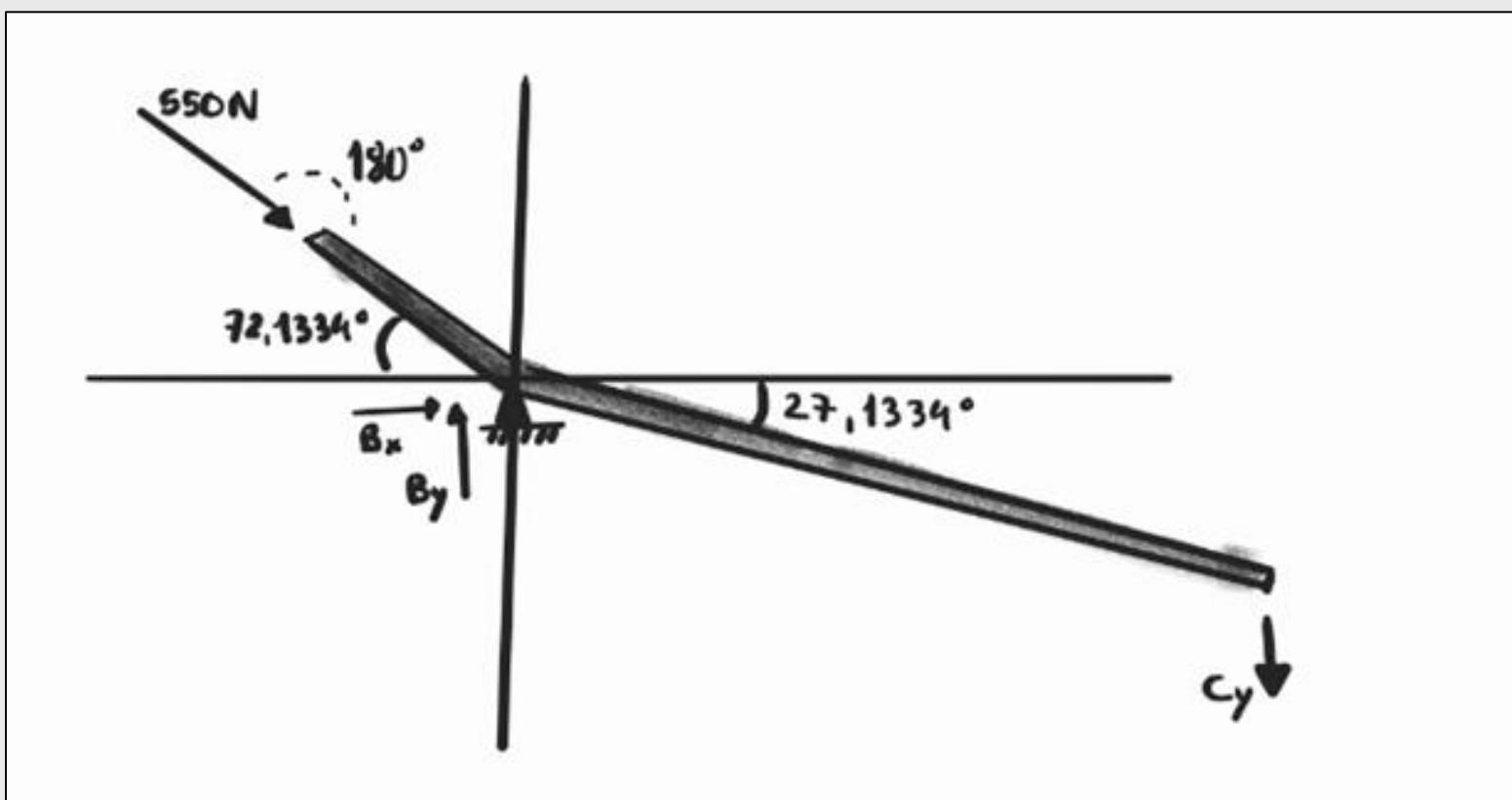
$$M_{f(x)} = -183,1653 \times x$$

$$M_{f(0)} = -183,1653 \times 0$$

$$M_{f(0,75)} = -183,1653 \times 0,750 = 137,3739 Nm$$

# Dimensionamento do braço lateral

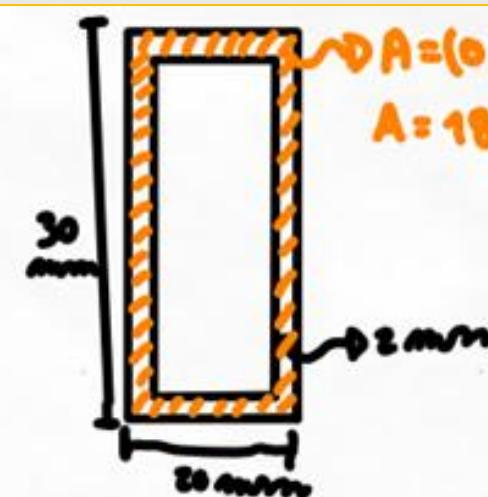
- Posição da maior força axial



- Posição de Carregamento das bicicletas
- Posição do suporte arrumado

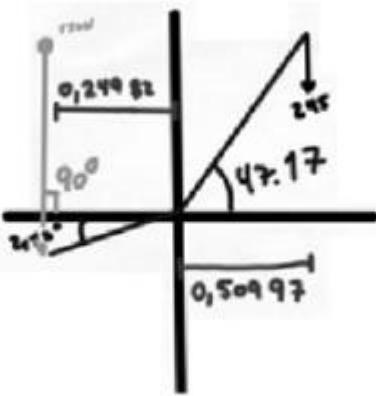
# Dimensionamento do braço lateral

$$W_{yy} = \frac{M_{f\_máx}}{\sigma_{Admissível}} = \frac{137,374}{113,33 \times 10^6} = 1,21 \times 10^{-6} m^3 = 1,21 cm^3$$



b x h (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)	I <sub>xc</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yx</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	6060 6063*	6082
20 x 10	1,5	0,230	0,118	0,380	0,236	0,380	—	—
20 x 10	2,0	0,295	0,138	0,462	0,276	0,462	—	—
20 x 15	1,5	0,272	0,318	0,509	0,424	0,509	—	—
20 x 15	2,0	0,352	0,385	0,625	0,513	0,625	—	—
25 x 12	1,5	0,289	0,226	0,764	0,377	0,611	—	—
25 x 15	1,5	0,315	0,386	0,888	0,515	0,711	—	—
30 x 10	1,5	0,315	0,173	1,102	0,346	0,735	—	—
30 x 10	2,0	0,408	0,203	1,371	0,406	0,914	—	—
30 x 15	1,5	0,357	0,455	1,407	0,607	0,938	—	—
30 x 15	2,0	0,465	0,555	1,764	0,740	1,176	—	—
30 x 20	1,5	0,400	0,895	1,712	0,895	1,141	—	—
30 x 20	2,0	0,522	1,113	2,157	1,113	1,438	—	—
30 x 20	3,0	0,748	1,451	2,887	1,451	1,925	—	—
30 x 25	1,5	0,442	1,510	2,016	1,208	1,344	—	—

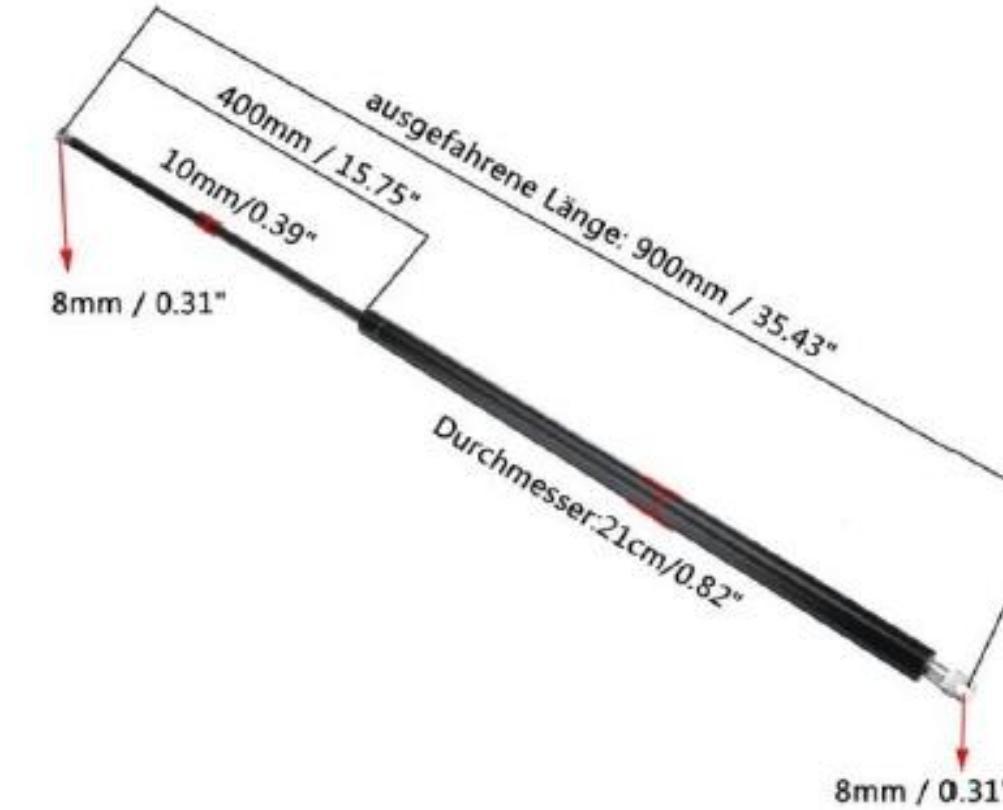
# Cilindros



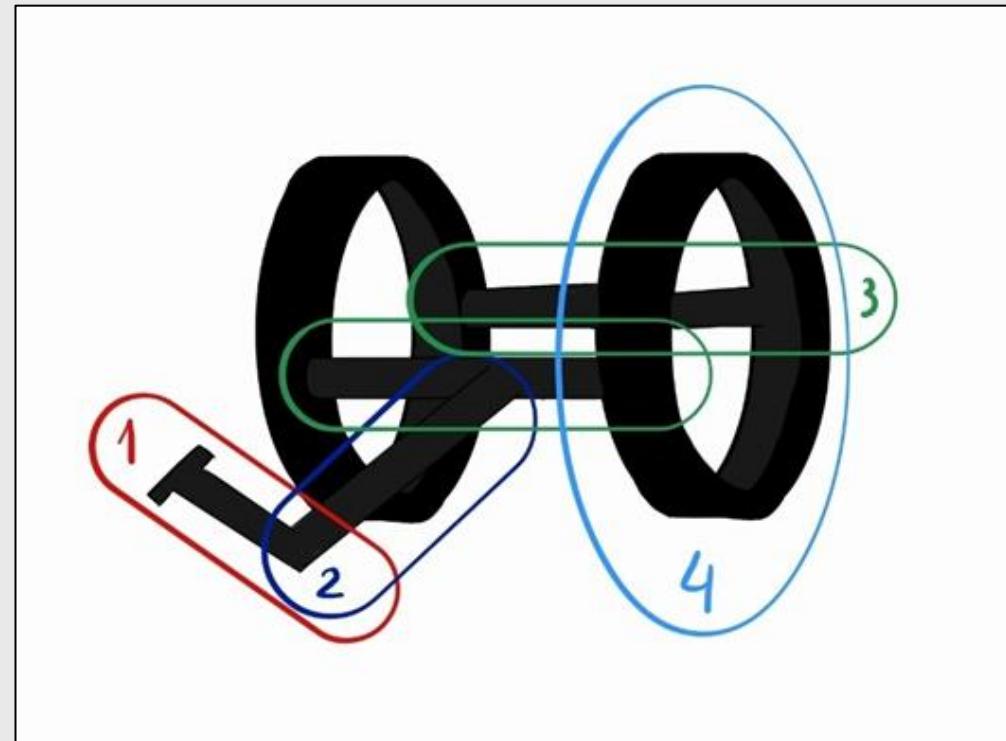
$$245 \times 0.5099 = F_{Cilindro} \times 0.24982 \leftrightarrow$$

$$F_{Cilindro} = \frac{245 \times 0.5099}{0.24982} = 500,13$$

- Cilindros de 550N
- Com uma haste de 900mm máxima e 500mm mínima.
- Os furos de fixação teriam 8mm



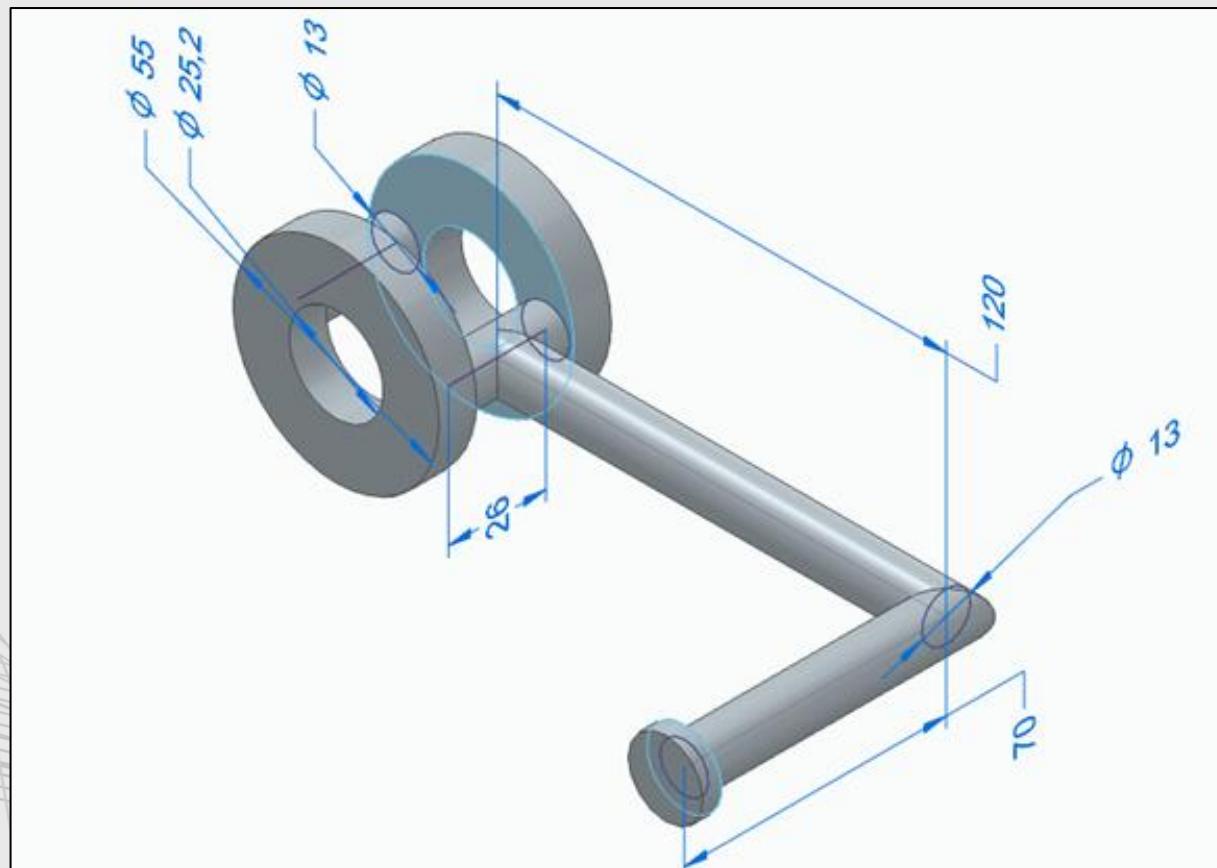
# Suporte da roda



**Bloco 1:**

$$\tau_{cisalhamento} = \frac{F}{A} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{(\pi \times r^2)} \leftrightarrow r = 0,7 \text{ mm} \leftrightarrow d = 1,4 \text{ mm}$$

**Bloco 2:**

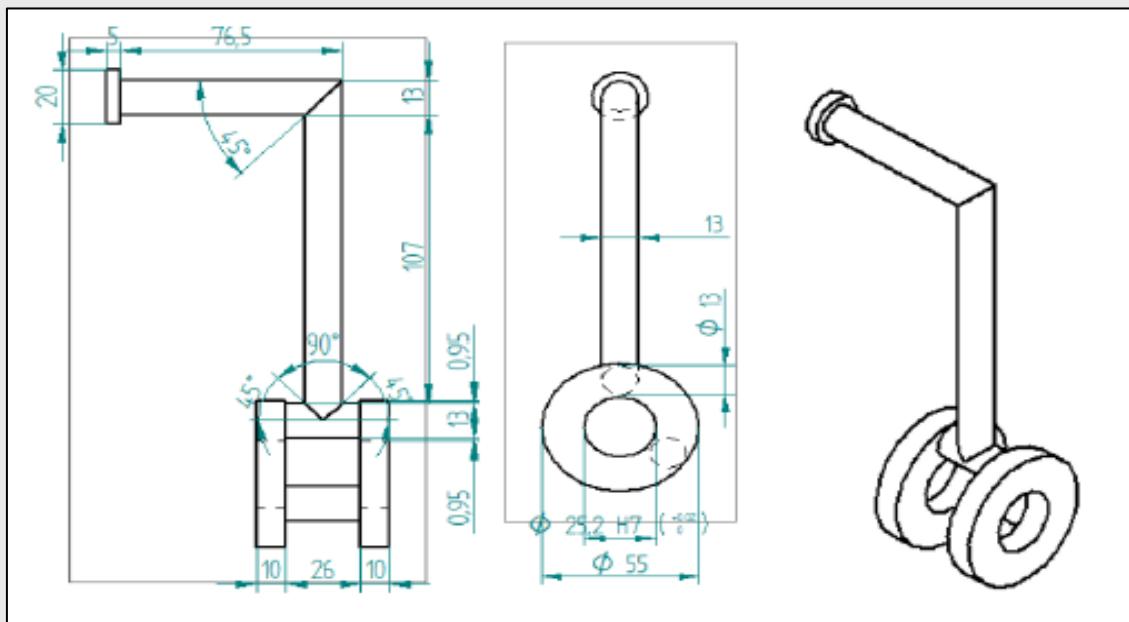
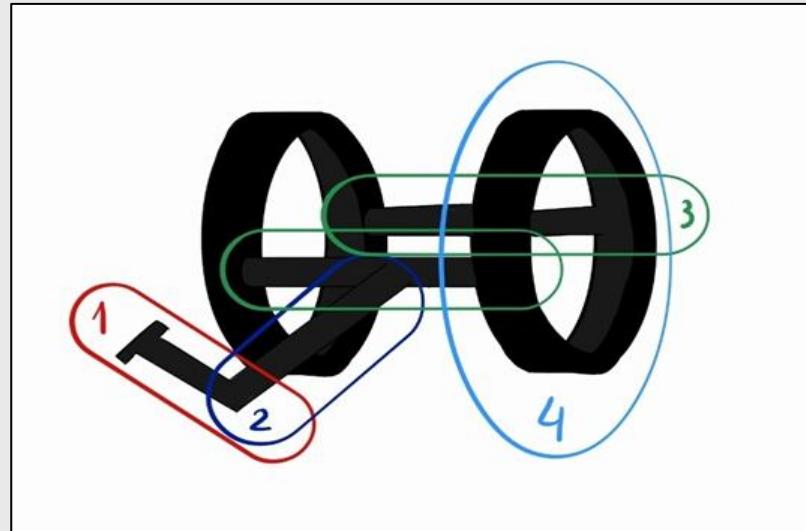


$$M_f = 245 \times 0,12 = 29,94 \text{ N/m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_f \times Z_{\max}}{I_{yy}} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{29,94 \times r}{\frac{1}{4} \times \pi \times r^4} \leftrightarrow$$

$$r = 6,24 \text{ mm} \leftrightarrow d = 12,49 \text{ mm}$$

# Suporte da roda



## Bloco 3:

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{4 \times (\pi \times r^2)} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow r = 0,35\text{mm} \leftrightarrow d = 0,7\text{mm}$$

## Bloco 4:

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{((\pi \times r^2) - (\pi \times (126)^2)) \times 2} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow r = 12,6\text{mm} \leftrightarrow d = 25,2\text{mm}$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{A \times 2} = \frac{F}{(\emptyset \times e) \times 2} \leftrightarrow$$

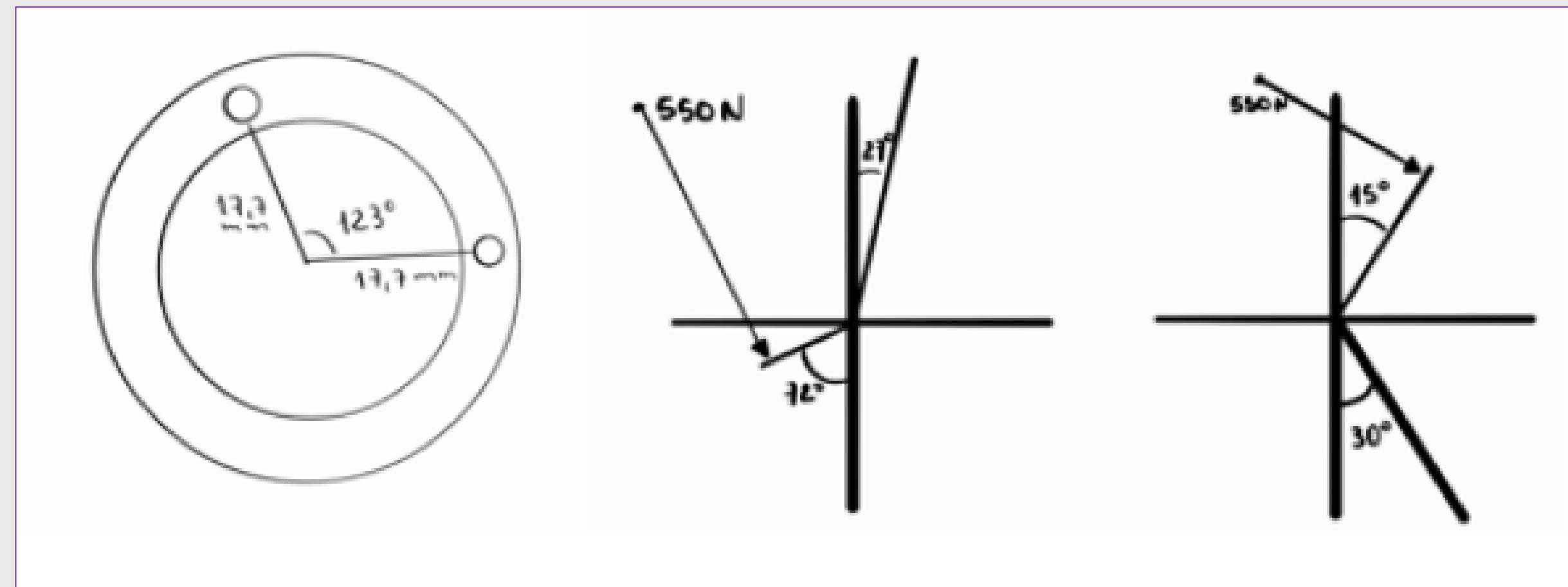
$$\leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{2 \times (l \times 0,0252)} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow l = 0,03 \text{ mm}$$

$$\sigma_{arrancamento} = \frac{F}{A \times 2} = \frac{F}{(d \times e) \times 2} \leftrightarrow$$

“Este está colocado sobre a barra central com o auxílio de uma chumaceira entre as duas superfícies. O material escolhido para o suporte foi o aço ST37, uma vez que, comparado com o alumínio, possui uma tensão de cedência superior, o que permite reduzir as dimensões da peça mantendo a mesma resistência.”

# Batentes limitadores de movimento do suporte da garra



$$30^\circ + 27^\circ = 57^\circ$$

$$180^\circ - 57^\circ = 123^\circ$$

# Chumaceiras

PAP 2215 P10

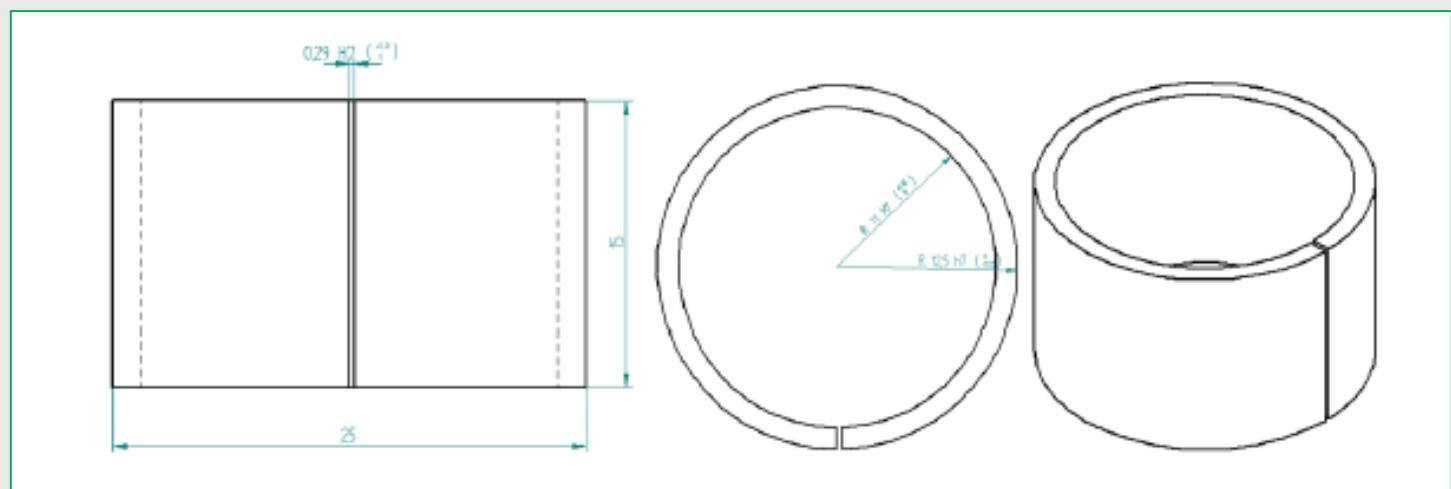
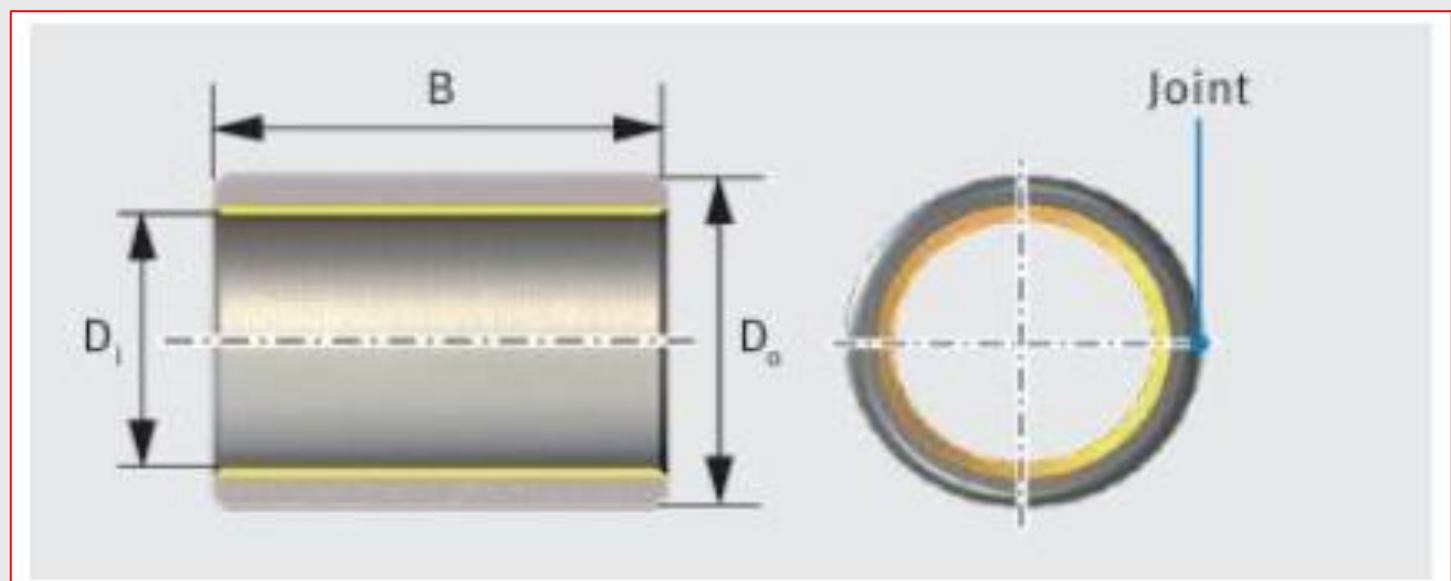
- Como funcionam? Constituição
- Porque escolhemos este modelo

Para garantir o ajuste por pressão, a parede do tubo do braço central deverá ser maquinada até um diâmetro máximo de 22 mm com tolerância H7 (21,979 a 22,021 mm), assegurando uma fixação segura e estável da chumaceira.

No que respeita à resistência mecânica, a carga radial aplicada de 245 N resulta numa pressão específica de 0,74 MPa, obtida pela fórmula:

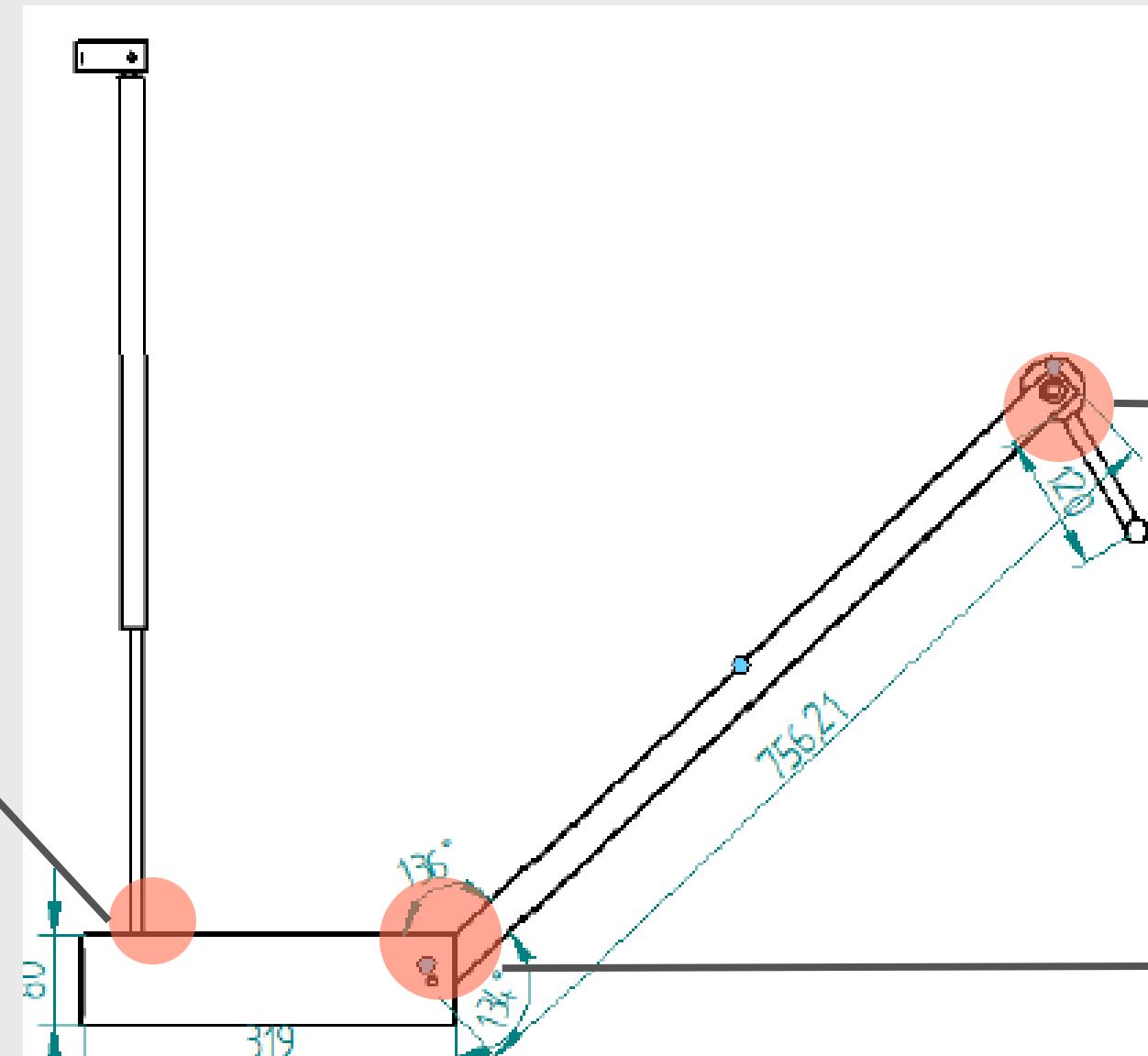
$$p = \frac{F}{D_i \times B} = \frac{245}{22 \times 15} = 0,74 \text{ MPa}$$

A chumaceira auto lubrificante, fabricada em material padrão P10, composta de aço poroso com PTFE impregnado nos poros que garante a lubrificação, é um componente essencial posicionado entre o suporte e a barra central, garantindo movimento suave e reduzindo o atrito sem necessidade de lubrificação externa.



# Pinos de articulação

Pino A



Pino C

Pino B

# Pinos de articulação – Pino A

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}} \quad A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$
  

$$\sigma_{arranamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow l = \frac{550}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

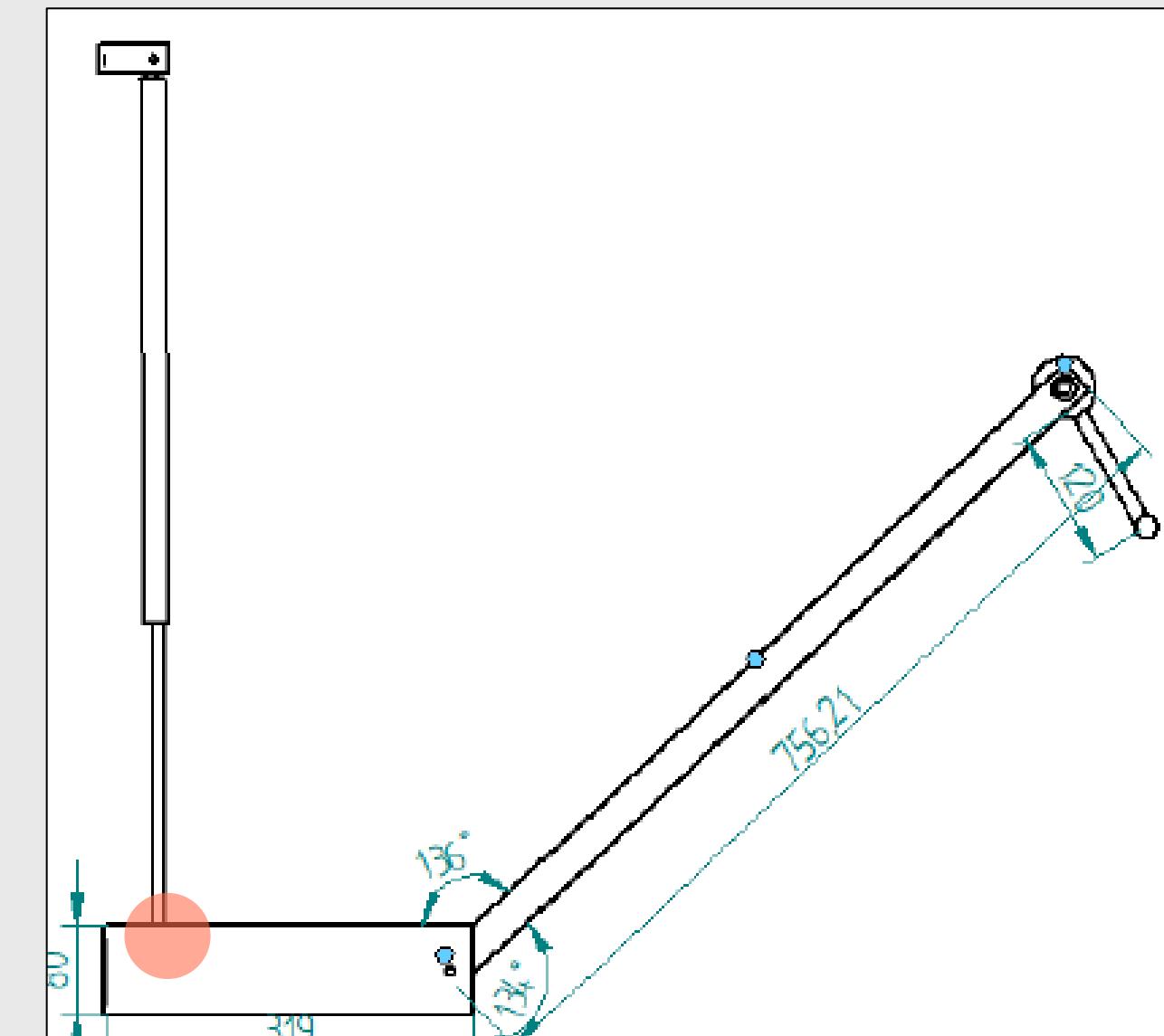
$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}} \quad l = 0,88 \times 10^{-3} m = 0,88 mm$$
  

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pino}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow A = \frac{550}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$A = 3,08 \times 10^{-6} m^2 = 3,08 mm^2$$
  

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow e = \frac{550}{2 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{F}{\theta \times \sigma_{admissivel}} \quad e = 3,13 mm$$



No entanto devido ao cilindro ter um furo de fixação de 8mm, adotamos que este pino deveria de ter um valor aproximado. Algo em torno dos 8mm.

# Pinos de articulação – Pino B

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}} \quad A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$

$$\sigma_{arranamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow l = \frac{819,4}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}} \quad l = 1,31 \times 10^{-3} m = 1,31 mm$$

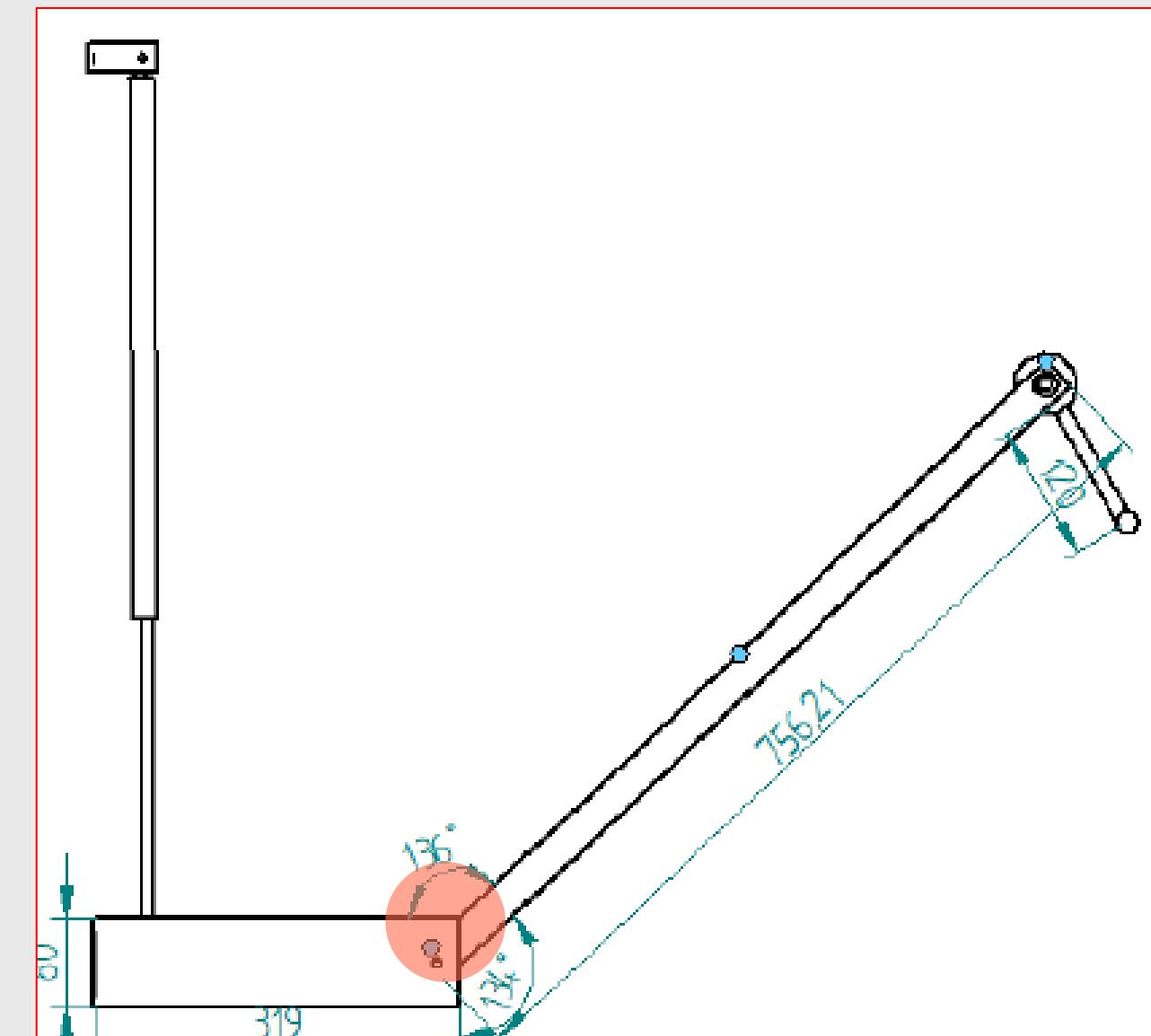
$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pino}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow A = \frac{819}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{2\pi} \quad A = 3,86 \times 10^{-6} m^2 = 23,86 mm^2$$

$$\theta = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2,22 mm \rightarrow 3 mm$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow e = \frac{819,4}{2,2 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{F}{\theta \times \sigma_{admissivel}}$$



No entanto devido a termos decidido que o braço lateral teria um furo para o pino do eixo de articulação de 8mm também, sobre dimensionámos este pino para 8 mm.

# Pinos de articulação – Pino C

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}} \quad A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$

$$\sigma_{arranamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow l = \frac{269,43}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

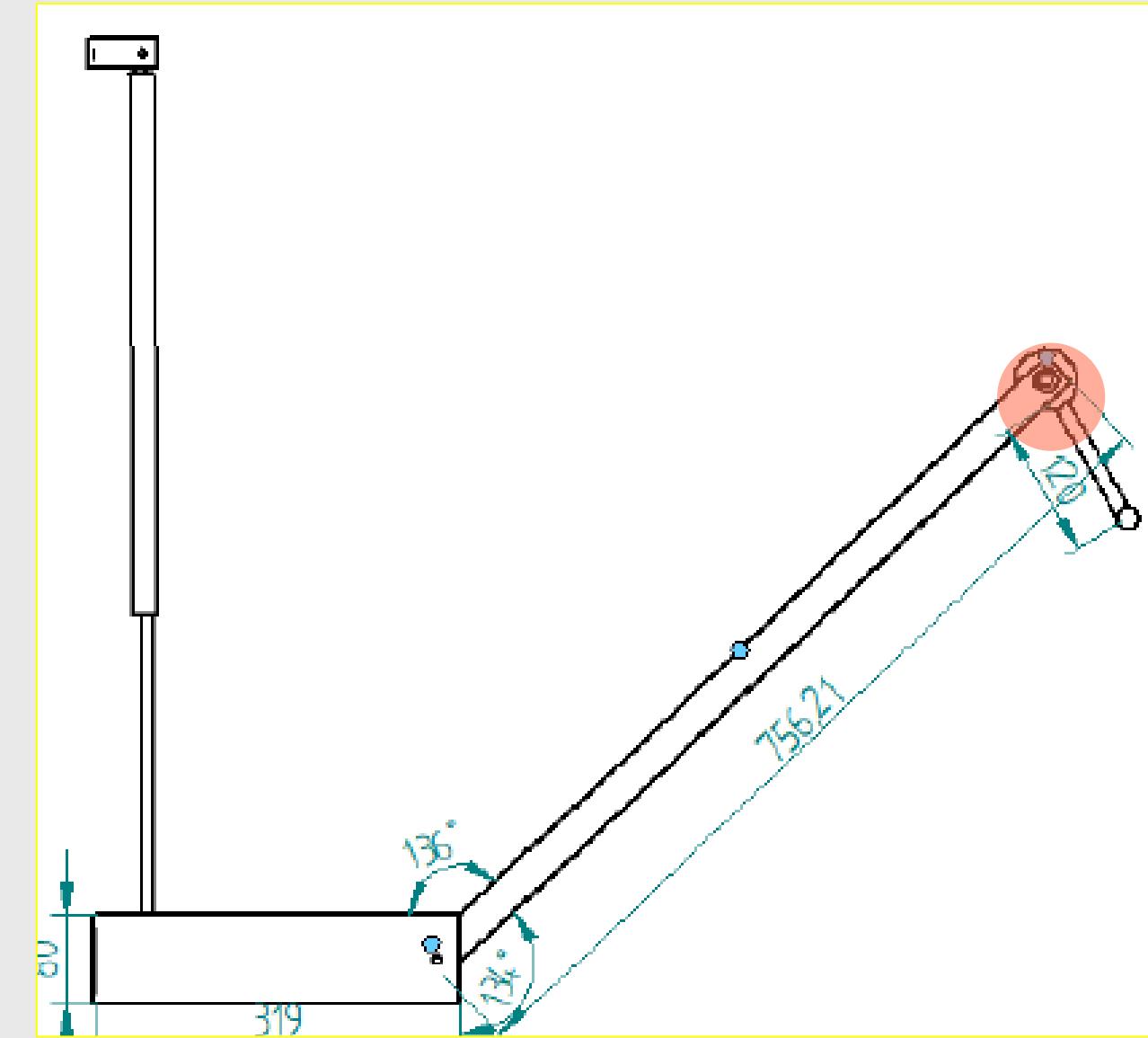
$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}} \quad l = 0,43 \times 10^{-3} m = 0,43 mm$$

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pinho}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow A = \frac{269,43}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$A = 7,82 \times 10^{-7} m^2 = 0,782 mm^2$$

$$\theta = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 0,0997 mm \rightarrow 1 mm$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow e = \frac{269,43}{1 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow e = 1,58 mm$$



Embora calculado, fez-se a escolha do fazer uma ligação soldada nesta articulação.

# Pinos de limitação do movimento

$$\tau_{corte} = \frac{F}{2 \times A} = \frac{F}{2 \times \pi r^2}$$

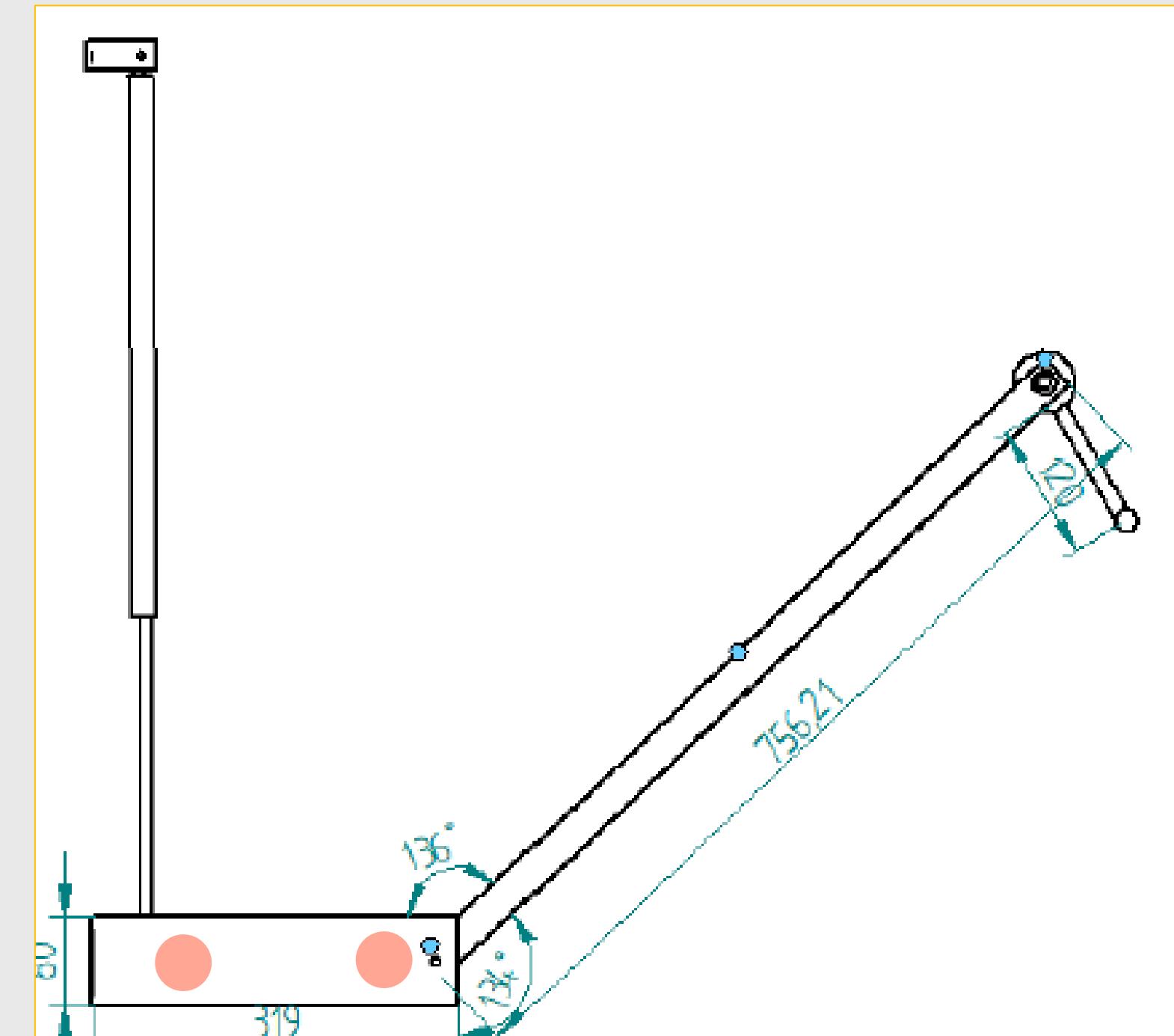


$$\frac{550}{2 \times \pi r^2} \leq 156,67 \times 10^6$$

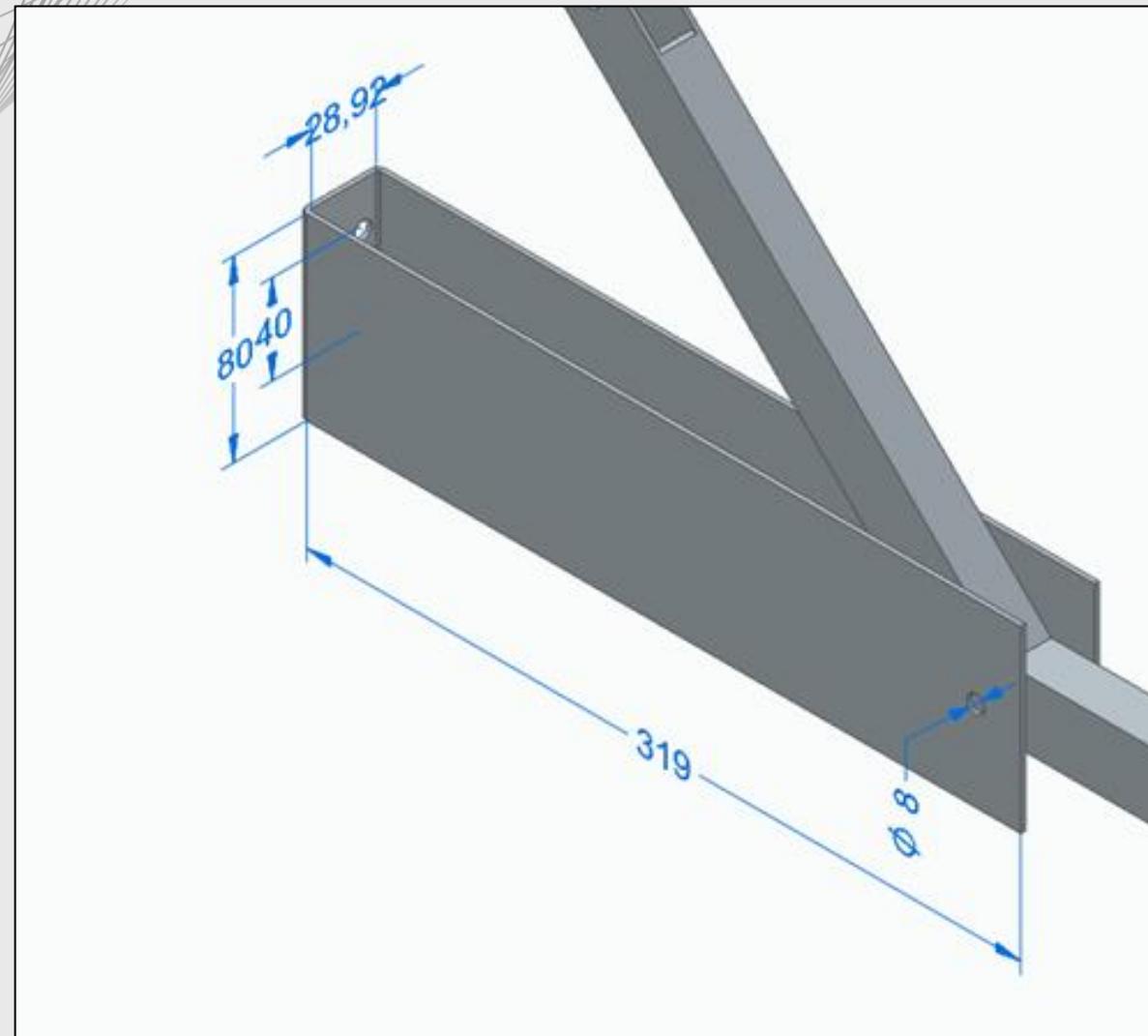
$$r \geq \sqrt{\frac{550}{2 \times \pi \times 156,67 \times 10^6}} = 7,472 \times 10^{-4}m = 0,7472\text{ mm}$$

$$\frac{245}{2 \times \pi r^2} \leq 156,67 \times 10^6$$

$$r \geq \sqrt{\frac{245}{2 \times \pi \times 156,67 \times 10^6}} = 4,988 \times 10^{-4}m = 0,4988\text{ mm}$$



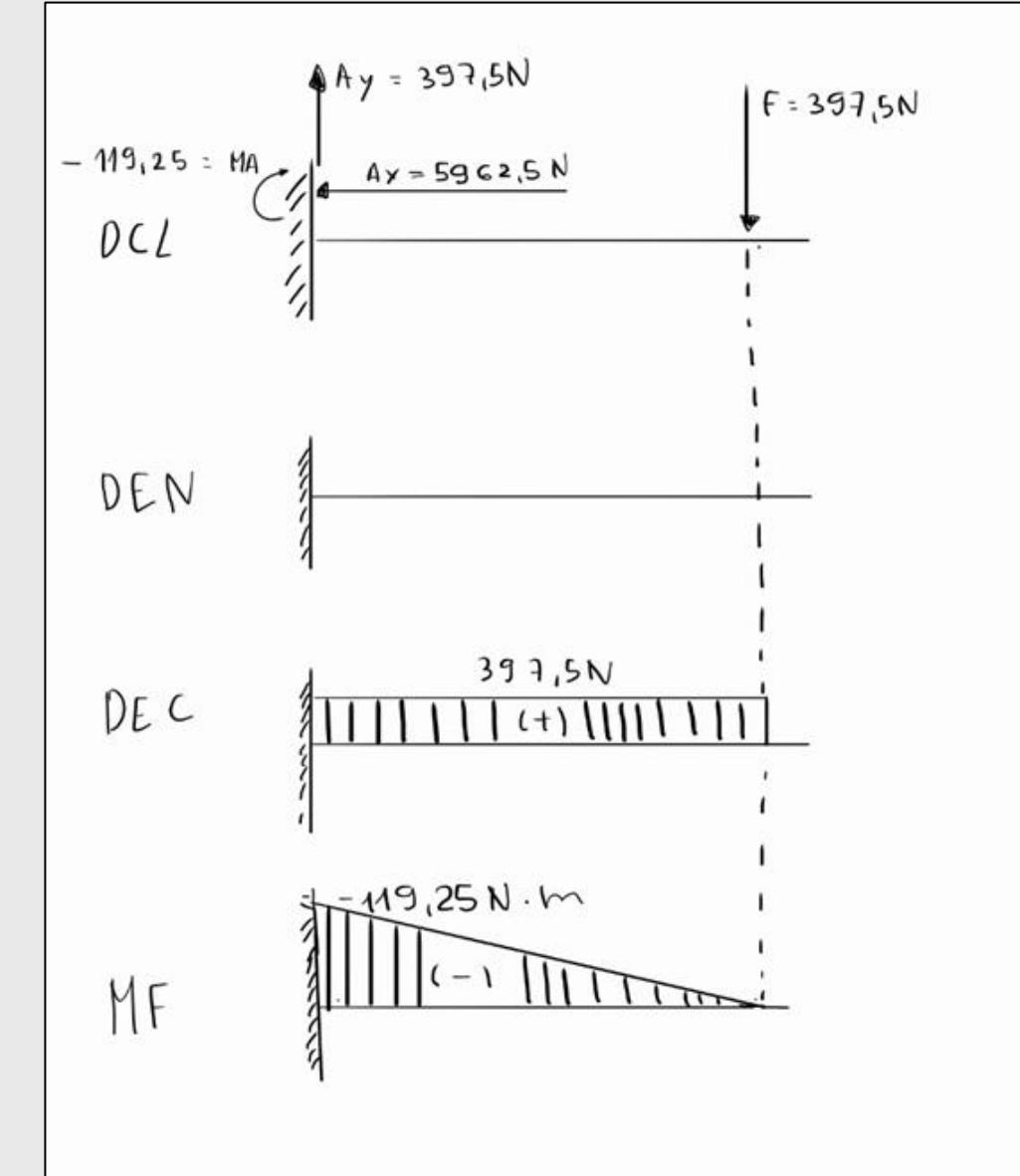
# Chapa de suporte



$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \leftrightarrow \\ \sum M_A = 0 \end{cases}$$

$$\leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \\ A_y - 397,5 = 0 \leftrightarrow \\ M_A + (397,5 \times 0,3) = 0 \end{cases}$$

$$\leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \text{ N} \\ A_y = 397,5 \text{ N} \leftrightarrow \\ M_A = -119,25 \text{ N.m} \end{cases}$$



$$M1 = M2 \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow F_{\text{braço}} \times 0,3 = A_x \times 0,02 \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow 397,5 \times 0,3 = A_x \times 0,02 \leftrightarrow$$

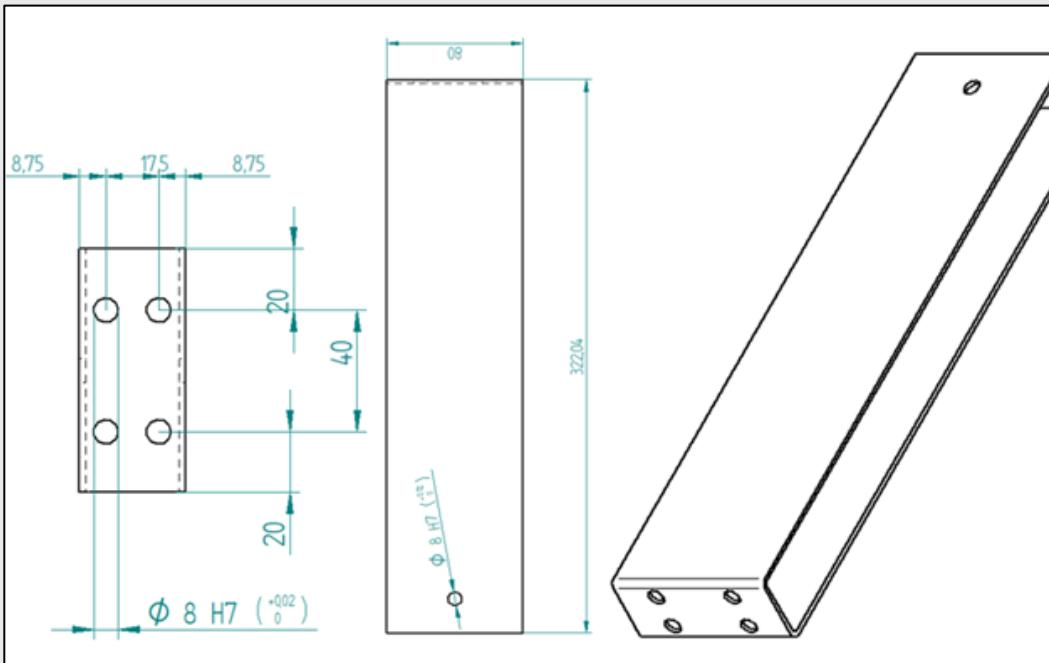
$$\leftrightarrow A_x = 5962,5 \text{ N}$$

$$Mf(x) = 397,5 X + M_A$$

$$Mf(0) = 0 + M_A = -119,25 \text{ N.m}$$

$$Mf(0,3) = 397,5 \times 0,3 + M_A = 119,25 - 119,25 = 0 \text{ N.m}$$

# Chapa de suporte



Verificar se a chapa suporta o esmagamento e momento fletor:

$$\sigma_{\text{esmagamento}} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\emptyset \times e} = \frac{397,5}{(2,14 \times 10^{-3}) \times e} = \frac{3,3944 \times 10^{-3}}{2} = 0,59 \text{ mm}$$

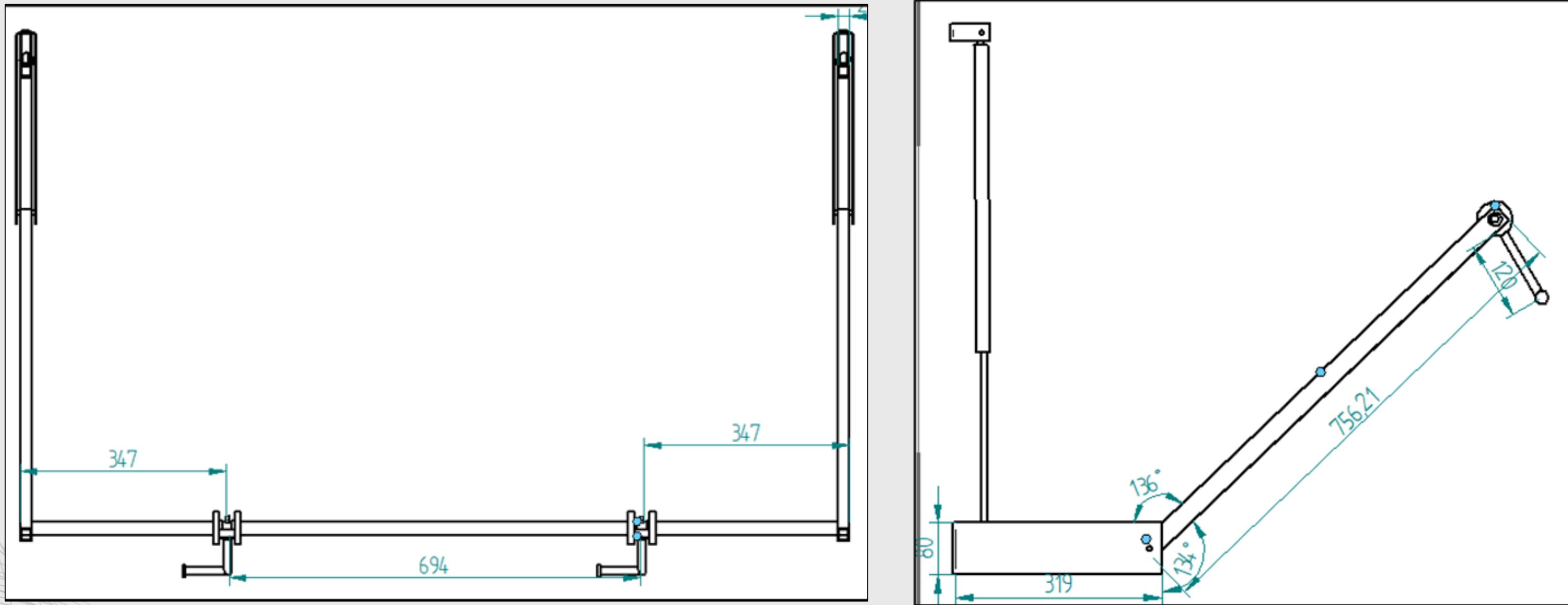
$$\sigma_{\text{admissível}} = \frac{Mf \times Z_{\text{máx}}}{I_{yy}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{Mf \times Z_{\text{máx}}}{E \times (0,08)^3 - \frac{E \times (8 \times 10^{-3})^3}{12}} \leftrightarrow$$

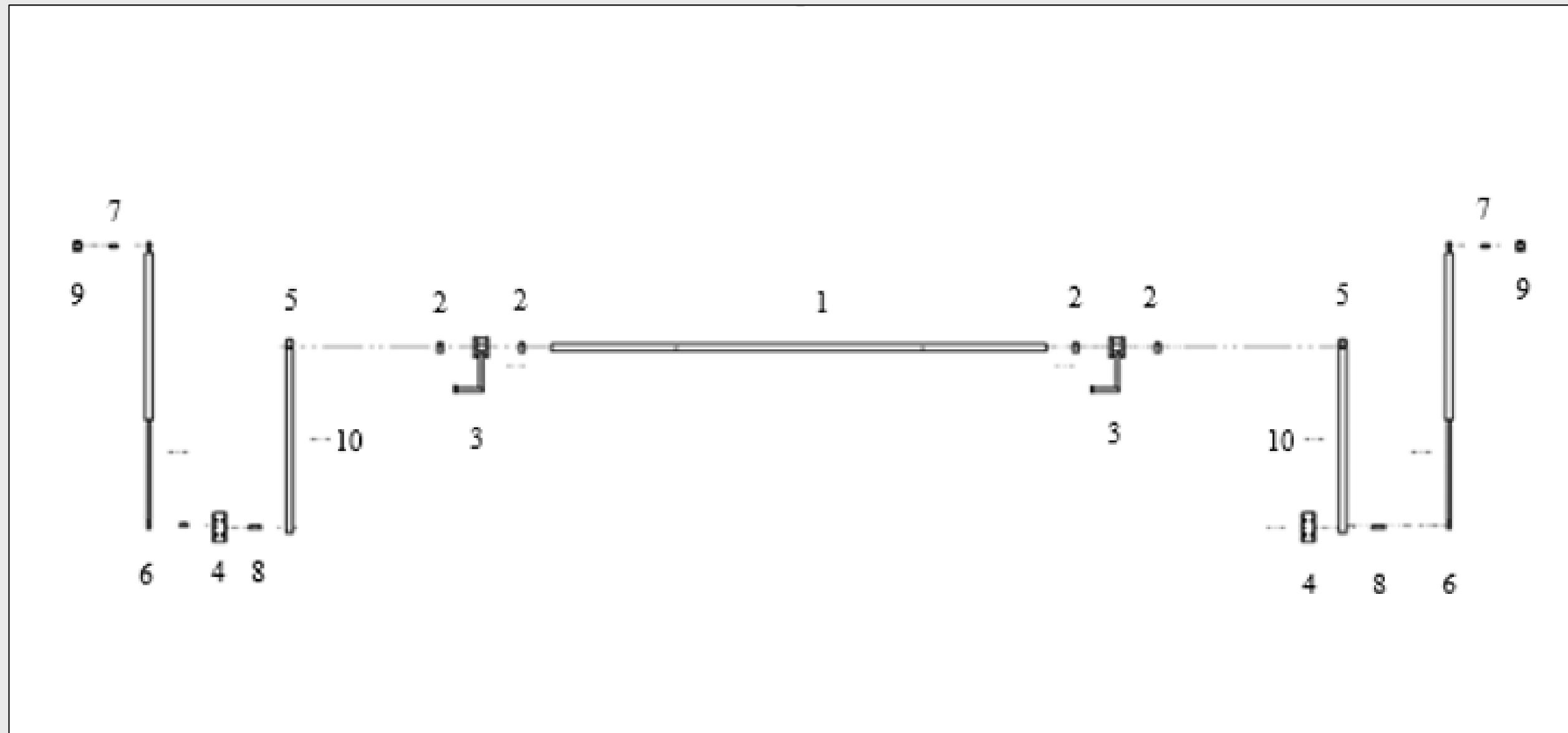
$$\leftrightarrow E = 7,14 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Apesar dos dois valores obtidos, foi selecionado 2 mm por ser o pior caso e ser uma opção disponível no mercado.

# Vista de Conjunto

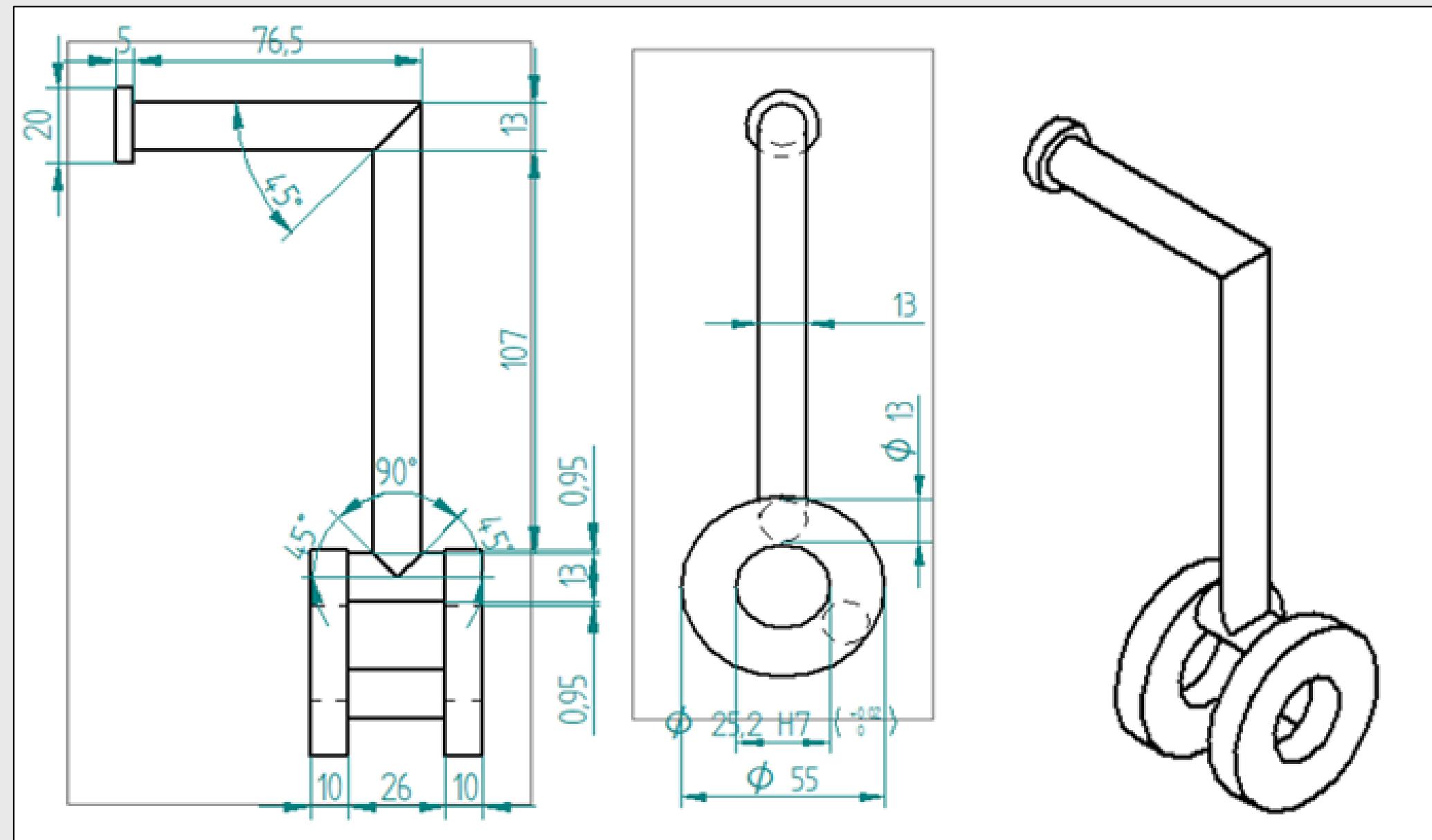


# Vista Explodida



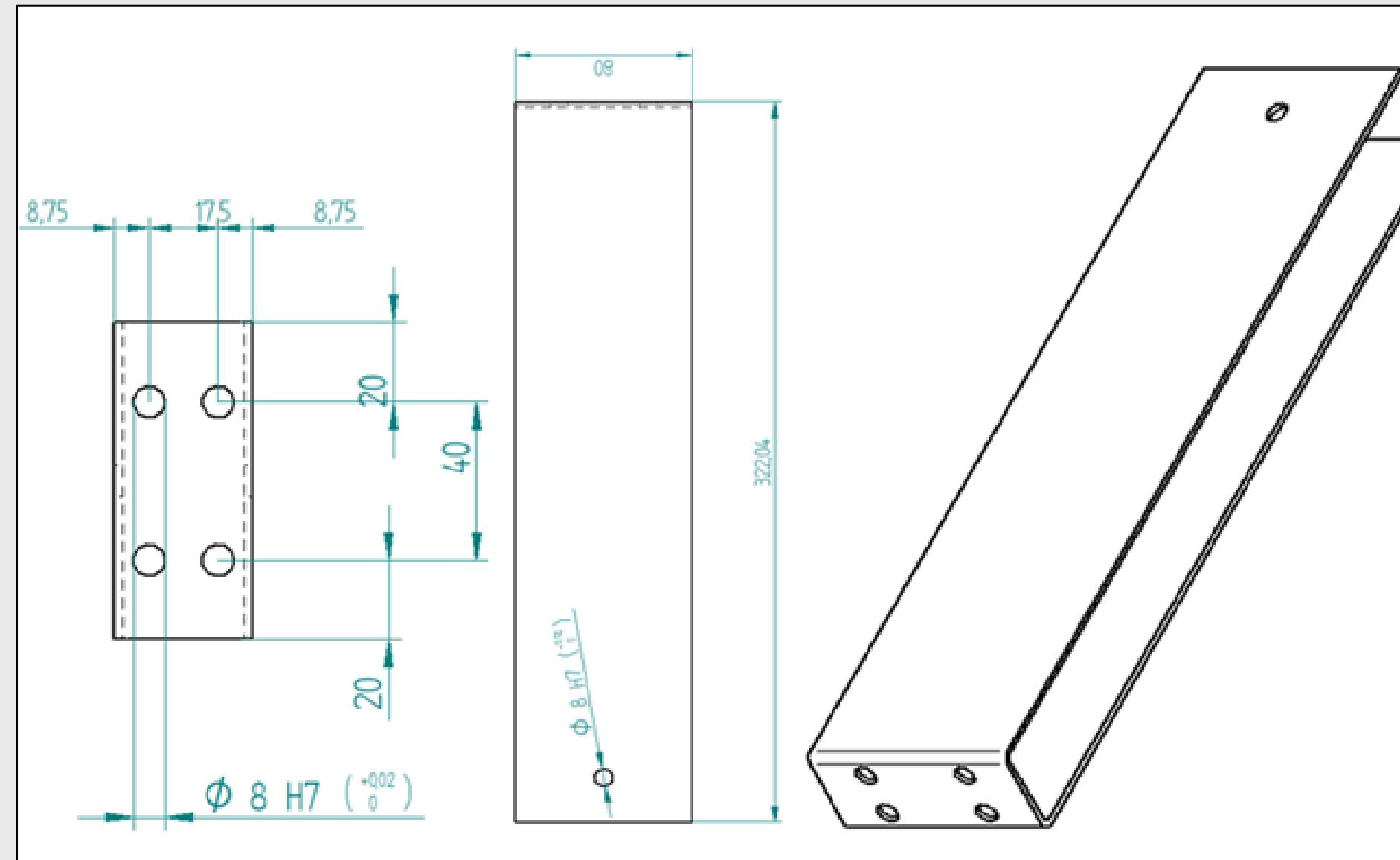
# Desenho da Garra

Desenho de componentes não normalizados



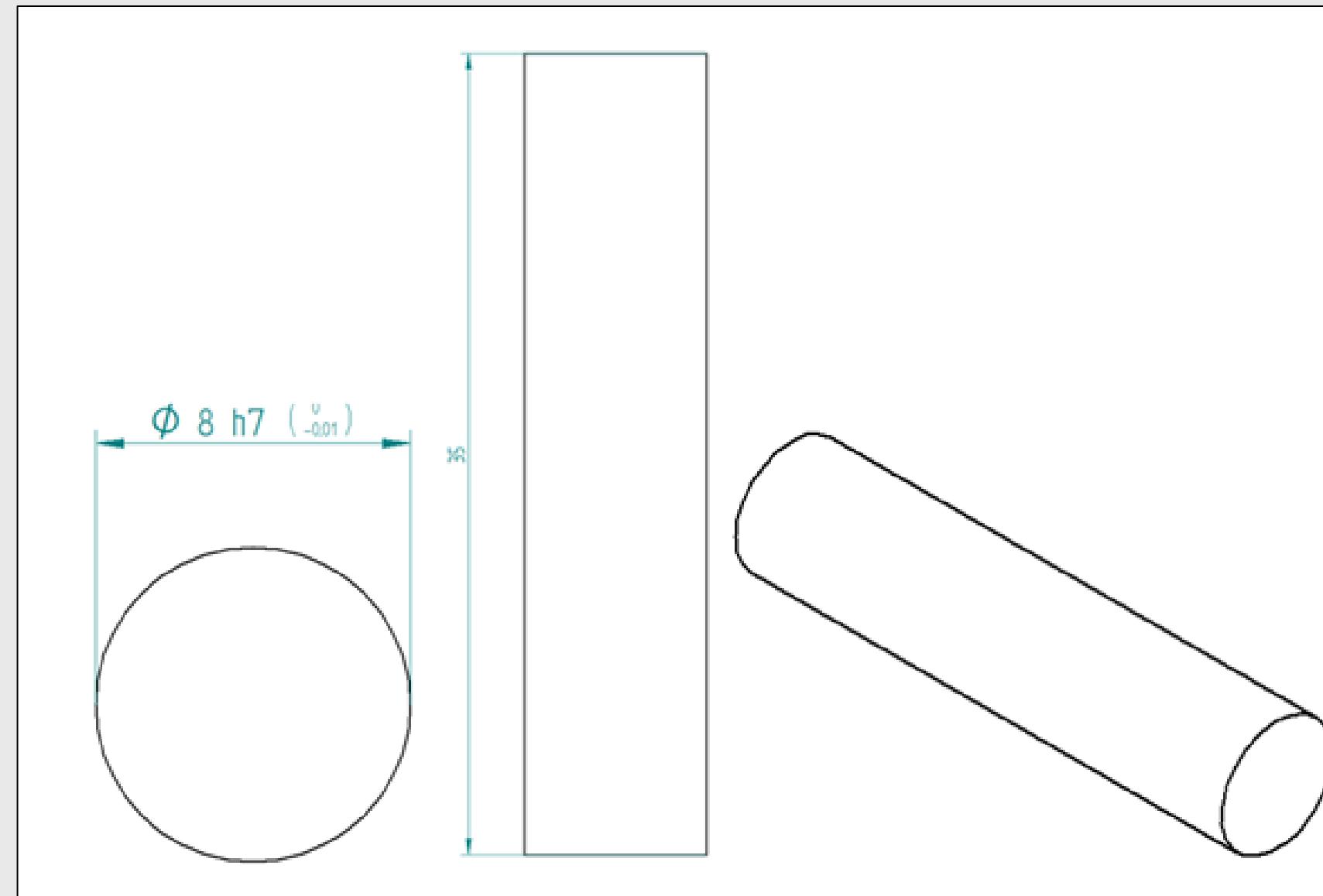
# Desenho dos Chapas

Desenho de componentes não normalizados

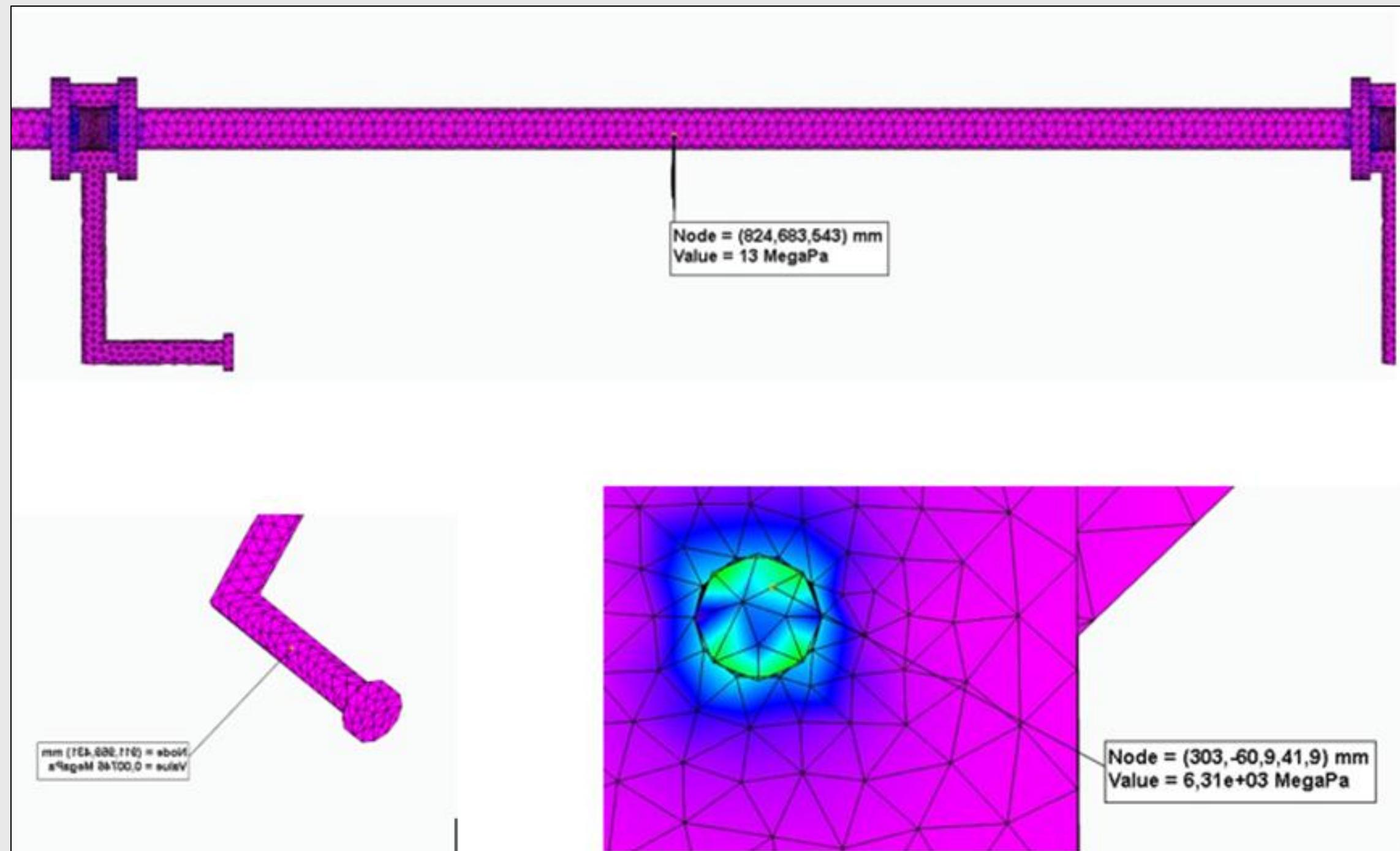


# Desenho dos Pinos

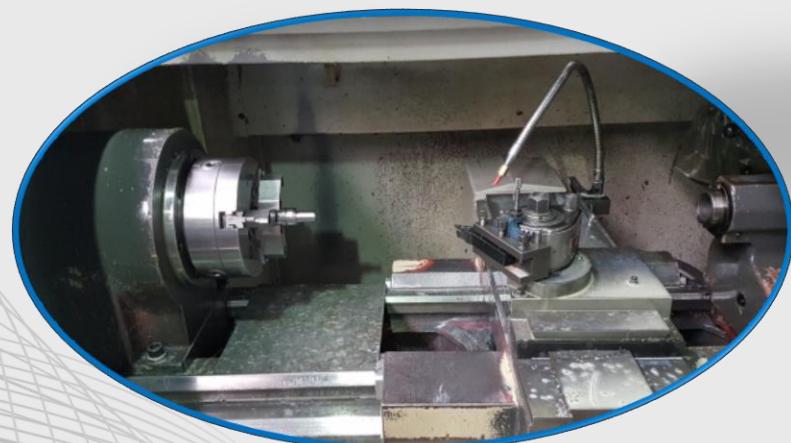
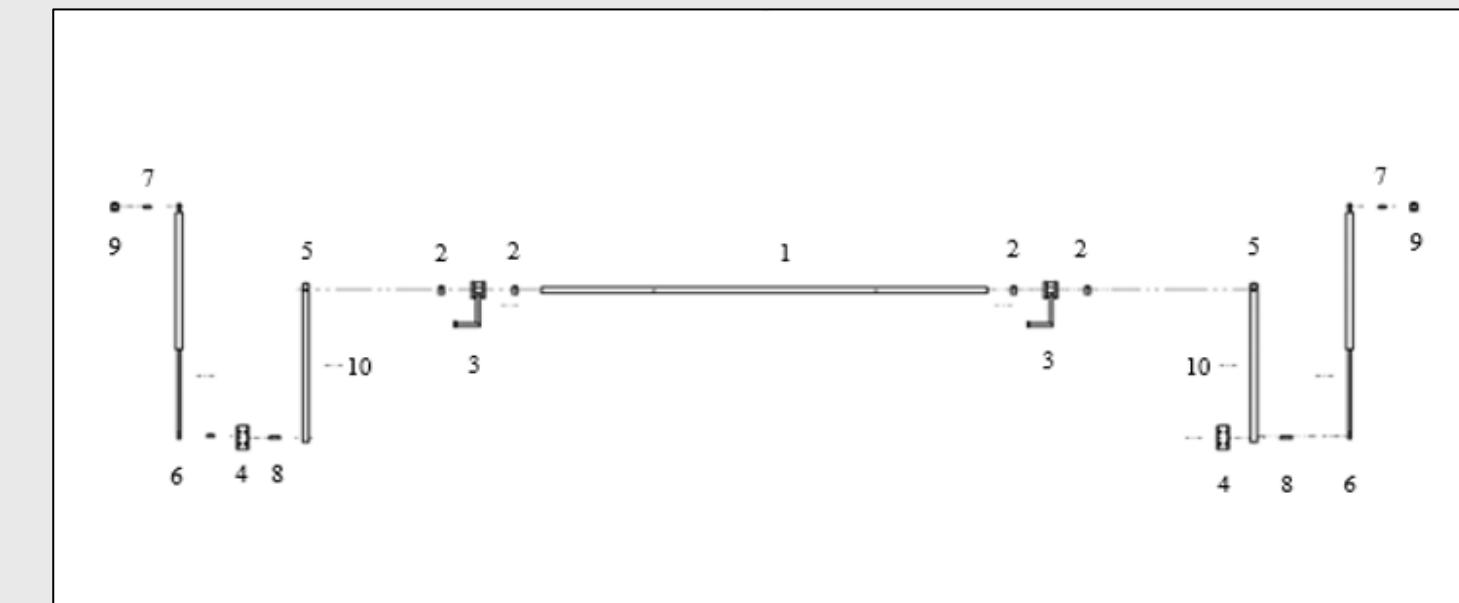
Desenho de componentes não normalizados



# Simulações



# Tecnologias de fabrico e processos associados



# Conclusão

- Objetivos vs realidade
- Possibilidade de construção
- Melhorias futuras
  - Pinos em Aço ST52
- Demonstração do Protótipo  
(Miniatura)
- Conclusões





# Agradecimentos e Questões?